Tracts 1194 (1)

Cush

Bedeutungswandel als
Merkmal der Mundart

DER

ZUCKUNGSVERLAUF ALS MERKMAL DER MUSKELART.

Von

J. TH. CASH.

AUS DEM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUT ZU BERLIN.

(Separat-Abdruck aus dem „Archiv für Anatomie u. Physiologie". 1880. Suppl.-Band.)

LEIPZIG,
VEIT & COMP.
1880.

Bevor die graphischen Methoden das Studium des Zuckungsverlaufes am quergestreiften Muskel ermöglichten, versuchten die Physiologen auf mittelbarem Wege die Dauer einer einfachen Muskelzusammenziehung zu bestimmen. Haller[1] berechnete aus der Frequenz der Schritte im Schnelllauf die Zeit der kürzesten Contraction des Musculus rectus beim Menschen auf $^1/_{280}$ Sec., beim Hunde auf $^1/_{40}$ Sec.; die Dauer einer Contraction des Musculus styloglossus beim schnellsten Sprechen auf $^1/_{500}$ Sec.; bei Tauben eine Bewegung der Flügelmuskeln auf weniger als $^1/_{600}$ Sec. Valentin[2] erschloss aus der Beobachtung geübter Clavierspieler die Dauer einer Beugung oder Streckung des Zeigefingers als $^1/_7$ bis $^1/_4$ Sec.; die Dauer einer Contraction der Beinmuskeln beim Sturmschritte etwa $^1/_{20}$ Sec.; beim Schnellläufer etwa $^1/_{60}$ Sec.; aus der Höhe des Tones, welchen eine gejagte Stubenfliege durch ihre Flügelschläge hervorbrachte, berechnete er als Dauer einer einzelnen Zusammenziehung ungefähr $^1/_{8000}$ Sec.

Eduard Weber[3] beurtheilte nach dem unmittelbaren Anblick die Geschwindigkeit der Zusammenziehung von Muskeln, welche durch den magneto-galvanischen Rotationsapparat für ganz kurze Zeit in tetanische Contractionen versetzt wurden. Er zeigte „den innigen Zusammenhang der animalischen und organischen Bewegungsweise und Form der Muskeln". Aber auch innerhalb der Reihe organischer Muskeln beobachtete er grosse Differenzen in der Contractionsdauer. „Die langsamste Bewegung zeigten die Harnleiter und die Gallenblase, bei denen erst durch länger dauernde

[1] *Elementa physiologiae.* 1762. Bd. IV. S. 481.

[2] *Lehrbuch der Physiologie des Menschen.* 1844. Bd. II. S. 165.

[3] *Handwörterbuch der Physiologie* von Rudolph Wagner. 1846. Bd. III. Abthl. II. S. 39.

Einwirkung des Stromes sichtbare Zusammenziehung bewirkt werden konnte. „Mit grösserer Geschwindigkeit folgen am Blinddarme (des Kaninchens) und am Magen die Bewegungen". „Noch lebendiger bei der Iris (insofern sie organische Muskelfasern besitzt) und bei der Harnblase"; „Ungleich rascher sind die Bewegungen der Samenleiter und vor allem der Speiseröhre, auch wenn sie organische Muskeln besitzt." „Das Herz endlich hat unter allen organischen Muskeln die lebhaftesten und energischsten Bewegungen, welche daher auch am Geschwindesten dem Reize auf dem Fusse folgen, so dass sie gewissermaassen den Uebergang zu den raschen und kraftvollen Bewegungen der animalischen Muskeln machen, so wie seine Muskelfasern den Uebergang zu der Form der animalischen Muskelfasern bilden".

Diejenigen Gebilde auch des vegetativen Systemes, welche aus quergestreifter Muskelsubstanz bestehen, sah Weber sich in ähnlich schneller Weise contrahiren, wie quergestreifte Gliedermuskeln. Dies beobachtete er am Darmcanale von Tinca chrysitis, an der Speiseröhre von Hunden, an der Iris von Vögeln. Zeitmaasse hat Weber hierüber nicht gegeben.

Nachdem Helmholtz die Dauer der einfachen Muskelcontraction messen gelehrt hatte, sind vergleichende Untersuchungen über den Zuckungsverlauf verschiedener Muskeln in ausgiebiger Weise nicht angestellt worden. Nur Marey[1] hat einige Bestimmungen der Zuckungsdauer quergestreifter Muskeln verschiedener Thiere mitgetheilt, denen zufolge die Flügelmuskeln der Taube kürzere Zuckungsdauer haben, als die Kaninchenmuskeln; diese sich schneller contrahiren als die quergestreiften Muskeln des Frosches. Aber auch bei den Fröschen fand er den M. hyoglossus träger, wie den M. gastroknemius; die Schildkrötenmuskeln erwiesen sich als noch weniger beweglich.

Fick[2] hatte die auffallend langsame Zusammenziehung (10 Sec. Dauer der Contraction bis zum Maximum) des Schliessmuskels von Anodonta kennen gelehrt; Ranvier die Verschiedenheit der Zuckungsdauer rother und weisser Muskeln der Kaninchen und der Rochen.

Nach dem Allem blieb es fraglich, ob die functionelle Weber'sche Eintheilung in organische und animalische Muskeln noch aufrecht zu erhalten sei. Zur Beantwortung dieser Frage unternahm ich es, auf Vorschlag des Hrn. Professor H. Kronecker, unter dessen Leitung den Zuckungsverlauf quergestreifter Gliedermuskeln mit demjenigen der Herzpulse zu vergleichen. Als passende Versuchsobjecte dienten Frösche (Rana esculenta), Schildkröten (Testudo europaea[3]) und Kaninchen.

---

[1] Marey, *Du Mouvement dans les fonctions de la vie.* 1868.

[2] A. Fick, *Beiträge z. vergleichenden Physiologie d. irritabelen Substanzen.* 1863.

[3] L. H. Bojanus, *Anatome testudinis europaeae.* Vilnae 1849.

Die Bewegung des isolirten Froschherzventrikels ist, seitdem Ludwig auch hierfür seine graphische Methode verwerthet hat, wiederholt unter den verschiedensten Bedingungen genau registrirt worden. Mit der Temperatur wächst die Geschwindigkeit der Herzbewegung der Art, dass die Dauer einer Contraction von 6·0″ (bei 0°) bis 0·5″ (bei 30°) sinkt. Bei mittlerer (Zimmer-) Temperatur dauert eine Systole und eine Diastole etwa 1″ bis 1·5″.

Eine Zuckung des Gastroknemius währt unter normalen Verhältnissen nach den Bestimmungen von Helmholtz etwa 0·1″.

Die mittleren Werthe der Contractionsdauer verschiedener Skeletmuskeln des Frosches, wie ich sie aus einer grösseren Anzahl vergleichender Versuche gewonnen habe, sind in folgende Tabelle zusammenzufassen:

1.	Musculus hyoglossus	0·205—0·3′
2.	„ rectus abdominis	0·17″
3.	„ gastroknemius	0·120″
4.	„ semimembranosus und gracilis[1]	0·108″
5.	„ triceps femoris	0·104″

Bei den Schildkröten dauert ein Herzpuls etwa 2·5″ bis 3·2″. — Ueber die Zuckungsdauer verschiedener Skeletmuskeln gewährt die folgende Tabelle eine Uebersicht.

Dauer einer Zuckung von:

1.	Musculus pectoralis major	1·8″
2.	„ gluteus (alter)	1·6″
3.	„ palmaris	1·0″
4.	„ gracilis	1·0″
5.	„ biceps brachii	0·9″
6.	„ splenius capitis	0·9″
7.	„ triceps brachii	0·8″
8.	„ retrahens capitis et colli . . .	0·75″
9.	„ extensor communis digit. . . .	0·75″
10.	„ semimembranosus et adductor. .	0·6″
11.	„ omohyoideus	0·55″

[1] E. du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen*, Bd. II, S. 193, Anm., hat den Namen M. gracilis eingeführt, anstatt des früher (Cuvier, E. du Bois-Reymond, Heidenhain, Wundt u. A.) gebrauchten Namens Adductor magnus, so wie anstatt des von Ecker (*Anatomie des Frosches*) vorgeschlagenen langen Namens Rectus internus major.

Der Herzpuls am Kaninchen lässt sich auf 0·33″ Dauer schätzen, während die Skeletmuskeln folgende Werthe der Dauer bei maximalen Zuckungen ergeben hatten:

Musculus soleus (roth) etwa	1·0″
„ gastroknemius medialis (weiss) . . .	0·25″

Hier ist also eine volle Herzaction kürzer als eine einfache Zuckung des rothen Muskels.

Bei allen diesen Bestimmungen ist die Zeit der sehr wechselnden nachträglichen Erschlaffung nicht mit eingerechnet, weil für diese gar keine feste Grenze zu finden ist. Die Muskelcurve sinkt oft asymptotisch der Ruhelinie entgegen, so dass man die Contractionsdauer manches Schildkrötenmuskels auf 6″ bis 8″, unter Umständen auch mehr veranschlagen könnte. Auch beanspruchen die gegebenen Zahlen selbst als Mittelwerthe keine absolute Gültigkeit. Es wechselt die Zuckungsdauer nicht nur mit der Temperatur, mit der Art der Belastung oder Spannung und mit der Ermüdung, sondern es haben zumal die Jahreszeiten den grössten Einfluss, wie auf die Erregbarkeit und auf die Leistungsfähigkeit, so auch auf die Beweglichkeit.[1]

Muskeln, welche im März kräftigen, Tage lang im Zimmer bewahrten Fröschen entnommen wurden, gaben Zuckungscurven von ähnlicher Länge, wie im Sommer Schildkrötenmuskeln. Folgende Mittelwerthe mögen als Beispiele genügen.

Dauer einer Zuckung von Froschmuskeln im März:

Musculus hyoglossus	0·8″	bis	1·0″
„ gastroknemius	0·4″	„	0·5″
„ semimembranosus und gracilis .	0·3″	„	0·36″
„ triceps femoris	0·25″	„	0·4″

Wenn demgemäss die Werthe keine absolute Gültigkeit haben, so bleiben doch die Verhältnisse in der Zuckungsdauer verschiedener Muskeln im Allgemeinen gleich.

Charakteristischer noch als die Dauer ist die Art des Verlaufs der Muskelzuckungscurve. Viele Curven haben so prägnante Formen, dass sie gewissermaassen zum Signalement der Muskelspecies dienen können, die sie erzeugt haben. Beschreibung vermag hiervon keine Vorstellung zu geben, ein Paar Abbildungen werden dies besser erläutern.

---

[1] Vgl. E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. S. 164. — H. Kronecker, *Ueber die Ermüdung und Erholung quergestreifter Muskeln. Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 208.

Unter den Froschmuskeln ist von jeher der Gastroknemius von den Untersuchern bevorzugt worden, wegen der Bequemlichkeit, ihn zu isoliren, wegen der Länge seines Nerven und wegen der Intensität seiner Wirkung. Es ist aber die Analyse ebenso seines mechanischen wie seines elektrischen Verhaltens wegen seines complicirten Baues besonders schwierig. Daher werden wir auch nicht erwarten dürfen, dass seine Zuckungscurve mit derjenigen der regelmässig gefaserten Muskeln vergleichbar ist, „da die einzelnen Gastroknemiusbündel vermöge ihrer verschiedenen Länge, durch ein der Achillessehne angehängtes Gewicht verschieden gedehnt werden, und sich bei der Verkürzung verschieden an dessen Hebung betheiligen".[1] Dessenungeachtet ist es gerade der Gastroknemius, welcher zuerst den Versuchen von Helmholtz über den Verlauf der einfachen Zuckung dienen durfte und ebenso noch heutigen Tages für diesen Zweck bevorzugt geblieben ist.

Es diente mir das Federmyographion von du Bois-Reymond als registrirender Apparat, dessen Vorzug bequemer Handhabung mich darüber fortsehen liess, dass die Schreibtafel sich mit schnell abnehmender Geschwindigkeit bewegt, wenn sie nicht so grossen Anfangsimpuls erhält, dass die Reibung einflusslos wird. Dann genügt aber die Länge der Tafel nicht mehr, um eine ganze Zuckungscurve aufzunehmen. Die Stimmgabel zeichnete $^1/_{143}$ Sec. Der Schreibhebel für sich belastete den Muskel mit einem Gewichte von weniger als 10^{grm}, zu welchem nach Bedürfniss andere Gewichte gefügt wurden. Die Gewichte dehnten den nicht unterstützten Muskel, wirkten also als „Belastung" im Helmholtz'schen Sinne. Die hier abgebildeten Curven sind nach den von den berussten Glasplatten genommenen photographischen Copien facsimilirt.

Die elastischen Endschwankungen der Zuckungscurve sind der Einfachheit halber weggelassen.

Die Muskeln wurden unmittelbar oder von ihrem Nerven aus durch intensive Inductionsströme eines grossen Schlitteninductoriums zu maximalen Zuckungen veranlasst. Die maximale Höhe der Zuckungscurve nimmt natürlich um so mehr ab, mit je grösseren Lasten der Muskel sich contrahirt. Eben so wird die Zuckungscurve mit wachsenden Lasten kürzer. Die umstehende Abbildung (Fig. 1) lässt aber erkennen, dass der Charakter des Gesammtverlaufes mit dem Wechsel der Muskelbelastung nicht wesentlich geändert wird.

Ausser dem Gastroknemius ist die Muskelgruppe des Semimembranosus

[1] E. du Bois-Reymond, Ueber das Gesetz des Muskelstromes mit besonderer Berücksichtigung des M. gastroknemius. *Dies Archiv.* 1863. S. 534; — *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. II. S. 78.

und Gracilis[1] zum Studium der elektrischen wie der mechanischen Eigenschaften des ruhenden und thätigen Muskels verwendet worden. Dieser

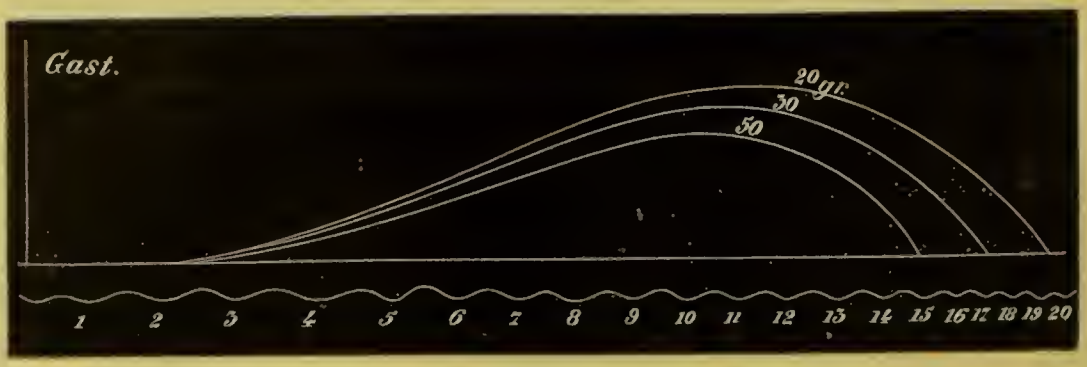

Fig. 1.

Curven maximaler Zuekungen des mit 20grm belasteten dureh Oeffnungsinduetionsschläge gereizten Gastroknemius vom Froseh.
„ „ „ „ „ 30 „
„ „ „ „ „ 50 „
Eine ganze Wellenlänge der untersten, zeitmarkirenden Linie entsprieht $^1/_{143}$''.

Muskelcomplex empfahl sich wegen seiner relativ regulären Structur,[2] wegen seines gut fixirbaren Ursprungs und seiner leichten Isolation.[3]

Den Einfluss der Belastung auf die Zuckungscurve dieser Muskelgruppe veranschaulicht die Figur 2.

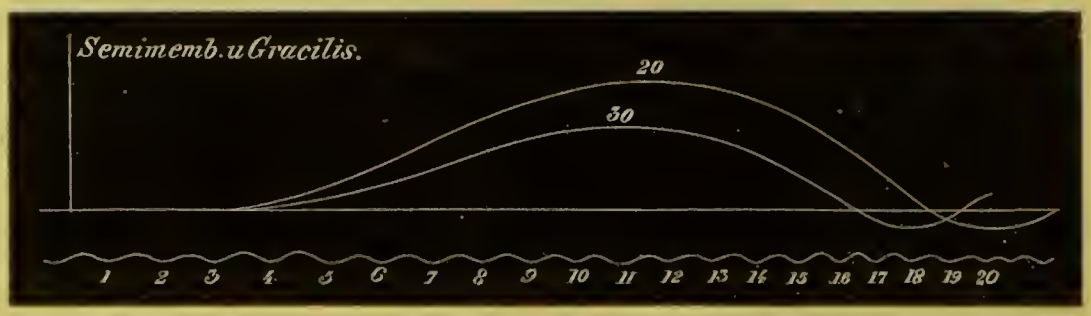

Fig. 2.

Semimembranosus-Graeilis vom Froseh, mit 20grm und mit 30grm belastet, werden dureh direete Reizung mittels eines Induetionsschlages zu maximaler Zuekung gebraeht. Eine ganze Wellenlänge der zeitmarkirenden Linie entsprieht $^1/_{143}$''.

Demnächst interessirte mich der Muskelcomplex des Triceps femoris, welchen Kronecker[4] bei seinen Untersuchungen nützlich gefunden hatte,

[1] Die gesonderte Zurichtung des Gracilis, dieses regelmässigsten der Obersehenkelmuskeln des Froseh es mit seinem Nerven ist nach der Vorsehrift von E. du Bois-Reymond (*dies Archiv*, 1873, S. 521) auszuführen, aber, wie dieser selber angiebt, „leider sehr umständlich".

[2] E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. S. 705, 710. — Heidenhain, *Physiol. Studien.* 1856. S. 37.

[3] Wundt, *Die Lehre von der Muskelbewegung.* 1858. S. 35.

[4] *Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 190.

obwohl E. du Bois-Reymond seinen unregelmässigen, „sonderbaren Bau“ nachwies.[1] Von dieser Muskelgruppe giebt Fig. 3. drei Curven. Auch hier zeigt sich ausser der durch grössere Belastung bedingten Erniedrigung und Verkürzung kein wesentlicher Unterschied im Verlaufe.

Der M. hyoglossus vom Frosche, welcher Eduard Weber zu seinen Versuchen über die Elasticität und den Contractionszustand quergestreifter

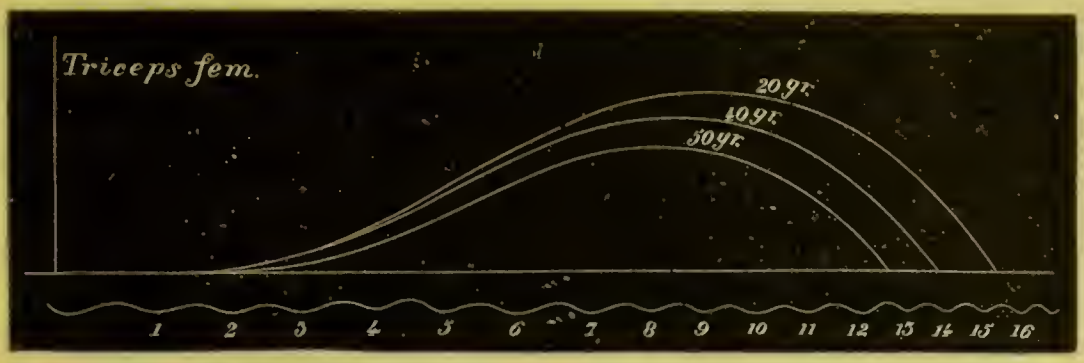

Fig. 3.

Maximale Zuckungscurven des mit 20grm belasteten Triceps femoris
„ „ „ „ 40 „ vom Frosch.
„ „ „ „ 50 „
Eine ganze Wellenlänge der zeitmarkirenden Linie entspricht $^1/_{143}$″.

Muskeln[2] gedient hat, beansprucht ebenfalls unsere besondere Beachtung deshalb, weil seine Zuckungsdauer die grösste von den bisher untersuchten Skeletmuskeln des Frosches ist. Wir finden, dass dieser sehr dünne Muskel, wie zu erwarten, nur kleine Lasten in ausgiebiger Weise heben kann. Mit

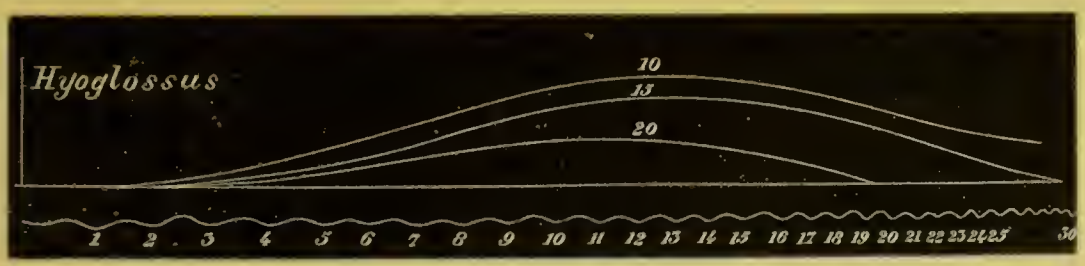

Fig. 4.

M. hyoglossus vom Frosche maximal zuckend mit 10grm belastet.
„ „ „ „ „ „ „ 15 „
„ „ „ „ „ „ „ 20 „

dem unbeschwerten Schreibhebel (10grm) verkürzt er sich recht beträchtlich; ein Uebergewicht von 5grm erniedrigt schon sehr seine Maximal-

[1] E. du Bois-Reymond, „Ueber facettenförmige Endigung der Muskelbündel“. *Monatsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1872.* S. 809; — *Ges. Abhandl.* Bd. II. S. 54 u. ff.

[2] Muskelbewegung. Rud. Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie.* 1847. Bd. III. Abthlg. II. S. 68.

erhebung; 10grm Uebergewicht lassen nur noch geringe Contractionen zu, und dem entsprechend wird die Zuckungscurve erheblich abgekürzt.

Die vorstehende Abbildung (Fig. 4) lässt erkennen, dass bei sehr kleiner Belastung (10grm) der Zeichenstift nur unvollkommen zur Ruhelage zurückkehrt. Es genügen die Reibungswiderstände an der Glasplatte zusammen mit der Zähigkeit des sich verlängernden Muskels, um den fallenden Hebel aufzuhalten. Relativ sehr grosse Last erniedrigt die Zuckungscurve nicht nur, sondern kürzt sie auch bedeutend.

Wenn wir nun die Zuckungscurven der verschiedenen Froschmuskeln, welche nach Verhältniss ihres Querschnittes belastet worden waren, mit einander vergleichen, so finden wir leicht erkennbare Unterschiede im Zuckungsverlaufe. Die nächste Figur (5)

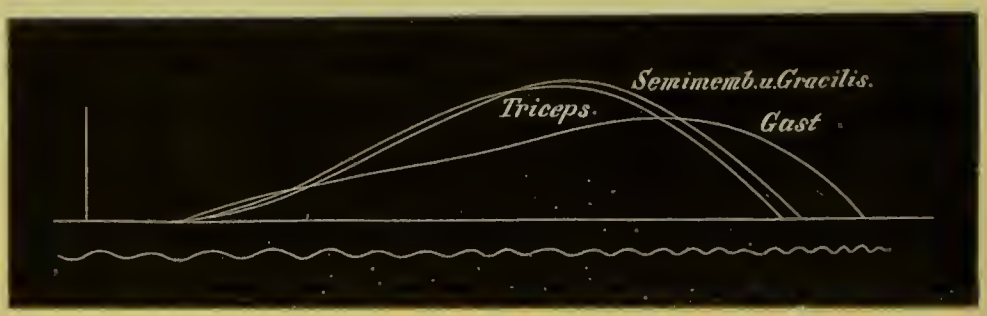

Fig. 5.

Je eine maximale Zuckungscurve vom Semimembranosus-Gracilis, vom Triceps femoris, und vom Gastroknemius desselben Frosches, während diese Muskeln (natürlich nach einander) an den unbelasteten Hebel (10grm) des Federmyographions gehängt waren.

zeigt, wie ganz anders der Gastroknemius sich verkürzt, als der Triceps und die Semimembranosus-Gracilis-Gruppe. Diese letzteren beiden Muskelcomplexe verhalten sich bezüglich ihrer Zuckungscurven sehr ähnlich. Das Maximum ihrer Verkürzung erreichen sie bald nach der Hälfte der Zeitdauer ihres gesammten Zuckungsverlaufes, während der Gastroknemius zwei Drittheile seiner gesammten Zuckungszeit zur Verkürzung braucht und nur ein Dritttheil zur Verlängerung.

Die umstehende Figur (6) illustrirt das Verhältniss der trägsten Muskeln des Rumpfes: des Rectus abdominis und des Hyoglossus zu dem beweglichen Gastroknemius und dem flinken Triceps. Es ist hieraus ersichtlich, dass nicht etwa, wie bei verschiedener Belastungsart oder bei Ermüdung, die Verlängerung der Curve wesentlich abhängt von dem Verlaufe des absteigenden Theiles, sondern dass das Stadium der steigenden Energie in sehr auffallender Weise wechselt, so dass das Zuckungsmaximum des M. hyoglossus zu einer Zeit, wo der Triceps fast wieder zur Ruhe gelangt ist, erreicht wird; dass der Rectus abdominis trotz seines anfänglich mit dem Hyoglossus übereinstimmenden Verlaufes lange vor

dem ersteren sein Maximum gewinnt und abfällt; während der Gastroknemius, ungeachtet seines sehr flach ansteigenden Verlaufes, doch, vermöge seines steilen Abfalles, weit vor der Rectus-abdominis-Curve seine Zuckungscurve abschliesst. Der Triceps femoris mit seinem steilen Anstieg und noch steileren Abfall steht allen voran, wie wir oben gesehen, rivalisirend mit der Semimembranosus-Gracilis-Gruppe.

Bei Betrachtung der Schildkrötenmuskeln von gleichen Gesichtspunkten, von denen wir die Froschmuskeln angesehen haben, finden wir ähnliches Verhalten. Auch hier beeinflusst die Belastung vorwiegend die Höhe, und nur hiermit zusammenhängend die Dauer der Zuckung. Aber die hierdurch gesetzten Unterschiede verdecken auch da nicht diejenigen charakteristischen Differenzen, welche die Zuckungscurven verschiedener Muskelarten desselben Thieres kennzeichnen. Da selbst die beweglichsten Schildkrötenmuskeln sich langsamer contrahiren, als die trägsten Froschmuskeln, so war das Federmyographion nicht geeignet, den Zuckungsverlauf derselben zu regi-

Fig. 6.

Je eine maximale Zuckungscurve vom Hyoglossus, vom Rectus abdominis, vom Gastroknemius, vom Triceps des Frosches.

striren. Es diente hierzu das Cylinderkymographion, welches auf mässig schnellen Gang eingestellt war. Zur Controle der Umdrehungsgeschwindigkeit diente meist ein Secundenmarkirer. Bei grösserer Umdrehungsgeschwindigkeit habe ich mich zuletzt eines neuen Chronographen bedient, welchen Hr. H. Kronecker in der Berliner physikalischen Gesellschaft im November 1879 demonstrirt hat. Dieser Zeitschreiber besteht im Wesentlichen aus einer durchschlagenden Zungenpfeife, welche auf den Ton von 100 ganzen Schwingungen (zwischen *G* und *Gis*) abgestimmt, durch ein Wassersauggebläse[1] in Schwingung gehalten wird. Es genügt ein schwacher Luftstrom, den Ton continuirlich zu erhalten, seitdem auf den Rath des Hrn. Helmholtz ein auf den gleichen Ton abgestimmter Kugelresonator in die Saugleitung eingeschaltet worden ist. Eine am freien Zungenende angeklebte Borste, oder, wie es Hr. Dr. Grunmach vor-

[1] Hr. Dr. Emil Grunmach bedient sich mit Vortheil eines Spirometers als saugenden Motors. *Verhandl. d. Berliner physiol. Gesellschaft.* 30. Juli 1880.

theilhaft gefunden hat, ein feingeschabtes Federkielstückchen, schreibt mit sehr geringer Reibung auf der berussten Glanzpapierfläche. Um eine genaue und feine Zeichnung zu erhalten, muss die Entfernung der Federspitze von der Papierfläche genau gleichmässig gehalten werden, auch für den Fall, dass das Papier, (wie immer an der Klebstelle) verdickt ist. Dies wird leicht ermöglicht durch ein Stützrädchen, welches einer analogen Vorrichtung von Hensen[1] nachgebildet ist. Damit die Amplituden der Schwingungen nicht zu gross werden und dadurch die Ablesung undeutlich machen, ist nachträglich das schreibende Federkielendchen als Doppelhebel in eine kleine Gabel über das Rädchen gehängt worden. Den langen Arm bewegt die schwingende Zunge, der kurze Arm schreibt.

Die so erhaltenen Zungenpfeifencurven sind den Stimmgabelcurven ganz ähnlich und erfordern nur einfache Vorrichtungen, während zur Re-

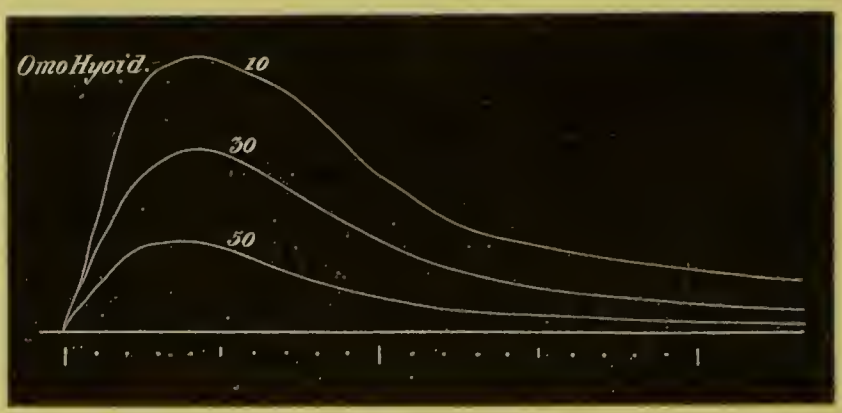

Fig. 7.

Maximale Zuckungscurven des direct gereizten M. omohyoideus der Landschildkröte, während er mit dem Hebel (10grm, 30grm, 50grm) belastet war. Die Punkte markiren 1/5″, die Striche ganze Secunden.

gistrirung der Vibrationen einer elektrischen Stimmgabel ein kostspieliger Marcel Deprez'scher Elektromagnet erforderlich ist. Selbstverständlich kann man erforderlichen Falls Zungenpfeifen mit grösserer oder geringerer Vibrationsfrequenz anwenden.

Die vorstehende Figur (7) zeigt drei vom M. omohyoideus einer grossen griechischen Landschildkröte auf den berussten Cylindermantel des Kymographion verzeichnete Curven maximaler Zuckungen, welche auf directe maximale Reizung des mit verschiedenen Gewichten belasteten Muskels ausgeführt wurden. Dieser dünne, lange, parallelfaserige Muskel vermag nur kleine Gewichte, aber diese hoch zu heben.

Der sehr starke, fächerförmig gebildete M. pectoralis major überwindet

[1] Adolf Klünder, Ueber die Genauigkeit der Stimme. Ein Beitrag zur Physiologie des Kehlkopfs. *Dies Archiv.* 1879. S. 121.

grosse Gewichte. Aus Fig. 8 ist ersichtlich, dass Steigerung der Belastung von 20—120grm die Hubhöhe nicht sehr bedeutend ändert. Nur die Ausdehnung des Muskels erfolgt langsamer bei grosser Belastung, ähnlich wie dies Marey[1] vom Froschgastroknemius erwähnt, wenn dieser durch eine unüberwindliche Hemmung an der maximalen Verkürzung verhindert wird.

Fig. 8.

M. pectoralis major der Landschildkröte mit 20grm } belastet.
„ „ „ „ „ „ 80 „ }
„ „ „ „ „ „ 120 „ }
Die Punkte markiren 1/5″, die Striche also ganze Secunden.

In Bau und Wirkung ähnlich dem Omohyoideus ist der Semimembranosus; dem Pectoralis major vergleichbar ist der M. gluteus. Die folgende Zusammenstellung in Figur 9 zeigt, wie formenreich die Zuckungscurven verschiedener quergestreifter Muskeln desselben Thieres sein können. Am

Fig. 9.

Maximale Zuckungscurven des M. pectoralis major, des M. omohyoideus, des M. gracilis, des M. palmaris der Schildkröte mit 30grm belastet.

schnellsten verkürzt sich der Omohyoideus, entsprechend seiner Bestimmung, den Kopf bei nahender Gefahr schnell unter den schützenden Panzer zu ziehen. Schnell löst sich auch die Contraction und gelangt auf niederen

[1] *Du Mouvement dans les fonctions de la vie.* 1868. p. 363.

Grad. Der Pectoralis major, so kraftvoll zur Fortbewegung des schweren Thieres bestimmt, beginnt mit energischem Anhub und bleibt ziemlich lange auf der Höhe der Zusammenziehung. Der schwächliche Unterschenkelbeuger, der Gracilis, contrahirt sich weniger schnell und dehnt sich weniger langsam aus. Der kurze starke M. palmaris, zum Wegstemmen geeignet, ist sehr träge in der Zusammenziehung und sehr dauerhaft in seiner Wirkung.

Die nächste Curvengruppe der Figur 10 ist bestimmt, eine Reihe anderer Schildkrötenmuskeln bezüglich ihres Zuckungsverlaufes vergleichen zu lassen. Der Semimembranosus kommt mit seiner Zuckungscurve dem Omohyoideus nahe. Der Gluteus ist einigermaassen ähnlich dem Pectoralis Major. Der Biceps brachii lässt sich dem Gracilis an die Seite stellen. Der Triceps brachii vertritt wieder einen ganz eigenen Typus, welchem

Fig. 10.

Maximale Zuckungscurven dss M. gluteus, des M. semimembranosus, des M. biceps brachii, des M. triceps brachii von der Schildkröte.

etwa der Musculus Latissimus dorsi nahe käme, von dem ich wegen zu geringer Erfahrung hier keine besonderen Curven mitgetheilt habe. Diese kurze Zusammenstellung macht keinesweges auf Vollständigkeit Anspruch, sie will nur einige Proben geben von der Verschiedenheit, welche die quergestreiften Schildkrötenmuskeln in den einfachsten Bewegungen bieten.

Schliesslich bleibt von den Thieren, deren Muskelzuckungsdauer in der Eingangstabelle erwähnt worden ist, das Kaninchen übrig, dessen rothe und weisse Muskeln in ihrer functionellen Verschiedenheit ja in neuerer Zeit wiederholt geprüft worden sind.

H. Kronecker und W. Stirling haben in der Arbeit: *Die Genesis des Tetanus*[1] die einfachen Zuckungscurven des weissen und rothen Kaninchenmuskels verglichen. Es erübrigt hier, den Einfluss der verschiedenen Belastung zu erörtern. Die Zusammenstellung der Fig. 11 und Fig. 12 dürfte hierüber genügenden Aufschluss geben, um zu zeigen, dass selbst durch

[1] *Dies Archiv.* 1878. S. 11, Fig. 10.

grosse Gewichte der Charakter des zuckenden weissen, wie des rothen Muskels, nicht verwischt werden kann.

Bezüglich der Zuckungscurve des weissen Muskels stellt sich aber als überraschendes Resultat heraus, dass nicht zu den kleinsten Belastungen die grössten Zuckungswerthe gehören, sondern dass die Last von 100 grm höher gehoben wird, als von 50 grm, welche nur gleich hoch gefördert wird

Fig. 11.

(Weisser) Gastroknemius medialis vom Kaninchen mit 50 grm } belastet, maximal zuckend.
„ „ „ „ „ „ 100 „
„ „ „ „ „ „ 300 „
„ „ „ „ „ „ 500 „

wie Gewichte von 300 grm. Erst eine Last von 500 grm deprimirt merklich das Zuckungsmaximum. Dies eigenthümliche Verhältniss, welches an Beobachtungen erinnert, die Fick[1] an Muschel-Schliessmuskeln, Heidenhain[2] an Froschmuskeln gemacht haben, entsteht dadurch, dass bei einer gewissen Dehnung Muskelbündel in Wirksamkeit treten, welche bei minderem Gewichte schlaff bleiben und dass somit ein Theil der Last, welche vorher als

Fig. 12.

(Rother) M. Soleus vom Kaninchen mit 50 grm } belastet, maximal zuckend.
„ „ „ „ „ „ 100 „
„ „ „ „ „ „ 200 „

Ueberlastung wirkte, eine Belastung wurde. Für diesen Fall hat ja Kronecker auch bei Froschmuskeln beobachtet, dass eine Belastung von tieferem Punkte sogar absolut höher gehoben werde, als gleiche

[1] *Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritabelen Substanzen.* Braunschweig 1863. S. 53.

[2] *Mechanische Leitung, Wärmeentwickelung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit.* Leipzig 1864. S. 114 ff.

Ueberlastung.[1] Der dünne rothe M. soleus wird schon von geringer Vermehrung seiner Belastung in seiner Contraction sehr gehindert. Aber auch hier wird der Charakter der Zuckung nicht unkenntlich gemacht, wie die vorstehende Figur (12) lehrt.

Schliesslich würden vermuthlich auch Bestimmungen der Zuckungscurven verschiedener weisser Kaninchenmuskeln Unterschiede im Contractionsverlaufe dieser ergeben, und ebenso würden wohl nicht alle rothe Muskeln gleiche Zuckungsform zeigen. Ein genauer Vergleich dieser Verhältnisse mit dem Bau und der Anordnung der Muskelbündel würde gewiss wichtige Aufschlüsse geben über den Zusammenhang zwischen Function und Structur. Ich sehe wohl ein, dass die Fundamente, auf welchem ein so grosses Gebäude wie die topographische Myophysik errichtet werden könnte, fester und umfangreicher sein müssten, als mir in meiner kurzen Arbeitszeit zu legen möglich gewesen ist, ich hoffe aber, dass auch diese Skizze einige feste Grundsteine zusammengetragen hat.

[1] *Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 249.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.